

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-157935

(43)Date of publication of application : 25.06.1993

(51)Int.Cl.

G02B 6/30

G02B 5/28

G02B 6/00

G02B 6/10

G02B 6/12

G02B 6/28

(21)Application number : 03-319339

(71)Applicant : HITACHI CABLE LTD

(22)Date of filing : 03.12.1991

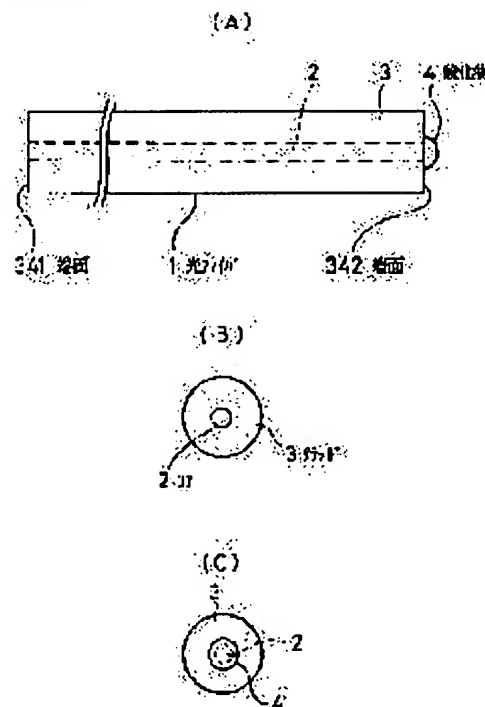
(72)Inventor : IMOTO KATSUYUKI
HOSHINO HIROYUKI

(54) FRONT END MOLDING OPTICAL PARTS AND PRODUCTION THEREOF, FRONT END MOLDING OPTICAL WAVEGUIDE TYPE OPTICAL DEMULTIPLEXER/DEMULTIPLEXER AS WELL AS FRONT END MOLDING OPTICAL WAVEGUIDE TYPE MODULE AND PRODUCTION THEREOF

(57)Abstract:

PURPOSE: To mold the light input/output end faces of optical fibers, optical waveguides and various kinds of optical parts formed by using these fibers and waveguides in such a manner that light can be efficiently coupled and various optical elements can be improved.

CONSTITUTION: An oxide film 4 is formed on approximately the end face part of the core 2 of the end face 342 of the optical fiber 1 consisting of the core 2 and a clad 3. A gaseous Ar laser beam is made incident on the inside of the core 2 from one end face 341 of the optical fiber 1 and the other end face 342 is maintained in the gaseous raw material atmosphere of the oxide film 4. A thermal oxidation reaction is induced in the end face part of the core 2 of the end face 342 by the gaseous Ar laser beam emitted from this end 342, by which the oxide film 4 is formed. The shape of the oxide film 4 has the thickness distribution nearly proportional to the gaseous Ar laser power distribution in the exit end face 342 of the core 2 of the optical fiber 1. The oxide film is not formed in the clad part on the outer periphery of the core and is formed only within the approximate end face of the core.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-157935

(43)公開日 平成5年(1993)6月25日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	6/30	7132-2K		
	5/28	7724-2K		
	6/00	3 1 1 9017-2K		
	6/10	D 7036-2K		
	6/12	A 7036-2K		

審査請求 未請求 請求項の数14(全 15 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平3-319339

(22)出願日 平成3年(1991)12月3日

(71)出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72)発明者 井本 克之

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線

株式会社アドバンスリサーチセンタ内

(72)発明者 星野 弘之

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線

株式会社アドバンスリサーチセンタ内

(74)代理人 弁理士 松本 孝

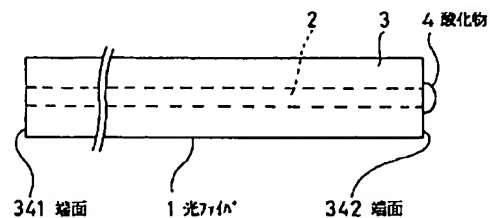
(54)【発明の名称】 先端成形光部品及びその製造方法、先端成形光導波路型合分波器、並びに先端成形光導波路型モジュール及びその製造方法

(57)【要約】

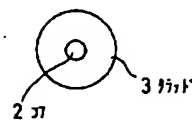
【目的】 光ファイバ、光導波路およびそれらを用いた各種光部品の光入出力端面を効率良く光結合できるように、また種々の光学特性を向上できるように成型する。

【構成】 コア2とクラッド3からなる光ファイバ1の端面342のコア2の略端面部に酸化膜4を形成する。光ファイバ1の一方の端面341よりコア2内にArガスレーザ光を入射させ、他方の端面342を酸化膜4の原料ガス雰囲気を保つ。端面342のコア2の端面部に、この端面342より出射するArガスレーザ光によって熱酸化反応を起こさせて酸化膜4を形成させる。酸化膜4の形状は、光ファイバ1のコア2の出射端面342内のArガスレーザパワ分布にほぼ比例した厚み分布を有する。また、酸化膜はコア外周のクラッド部には形成されず、コアの略端面内だけにのみ形成される。

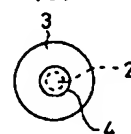
(A)



(B)



(C)



【特許請求の範囲】

【請求項1】光ファイバ、光導波路、又はそれらを用いた光部品の光入出力端面の光伝搬部分を構成するコアの略端面内に、該コア内の光パワ分布に略対応した膜厚分布をもつ酸化膜を設けたことを特徴とする先端成形光部品。

【請求項2】請求項1に記載の先端成形光部品において、上記酸化膜は光部品のコアの軟化温度よりも低いことを特徴とする先端成形光部品。

【請求項3】請求項1または2に記載の先端成形光部品において、上記酸化膜は光の伝搬方向に屈折率分布をもっていることを特徴とする先端成形光部品。

【請求項4】請求項1に記載の先端成形光部品において、上記酸化膜は屈折率の低い層と屈折率の高い層とが交互に形成されて波長選択性をもった光フィルタとして形成されていることを特徴とする先端成形光部品。

【請求項5】光ファイバ、光導波路、又はそれらを用いた光部品であって、それらの光入出力端面の光伝搬部分を構成するコアの形状および屈折率の異なる光部品間を、一方の光部品のコアの形状および屈折率から他方の光部品のコアの形状および屈折率に徐々に合致させていくように、光の伝搬方向に沿って形状および屈折率を変化させた酸化膜で接続し、この酸化膜が請求項1または2に記載の酸化膜で構成されていることを特徴とする先端成形光部品。

【請求項6】光導波路の一方の端面から光伝搬部分を構成するコア内に少なくとも2つの波長 λ_1 、 λ_2 の光信号を入射させ、少なくとも1回は他方の端面で反射してどちらかの端面のコアより光信号を出射させる光導波路型合分波器において、上記光信号を出射させる端面のうち上記他方の端面のコアの略端面内に波長 λ_1 の光信号を通過させ、波長 λ_2 の光信号を反射させる第1の光フィルタを設け、上記光信号を出射させる端面のうち上記一方の端面のコアの略端面内に波長 λ_2 の光信号を通過させ、波長 λ_1 の光信号を反射させる第2の光フィルタを設け、上記第1、第2の光フィルタを、請求項4に記載の光フィルタで構成したことを特徴とする先端成形光導波路型合分波器。

【請求項7】パッケージ内に光導波路を内蔵し、該光導波路の入出力端面に光ファイバが接続された光導波路型モジュールにおいて、上記光導波路と光ファイバ間が、これらの光伝搬部分を構成するコアの略端面内に介在させた酸化膜により接続され、この酸化膜が請求項1ないし3のいずれかに記載の酸化膜から構成されていることを特徴とする先端成形光導波路型モジュール。

【請求項8】パッケージ内に少なくとも2つの異種材料の光導波路が内蔵され、かつ少なくとも1本の光ファイバが上記光導波路と接続された光導波路型モジュールにおいて、上記光導波路間、該光導波路と光ファイバ間が請求項7に記載の酸化膜を介して接続されていることを

特徴とする先端成形光導波路型モジュール。

【請求項9】請求項8に記載の先端成形光導波路型モジュールにおいて、半導体光素子及びその周辺回路からなる半導体光モジュールが少なくとも1つ内蔵されていることを特徴とする先端成形光導波路型モジュール。

【請求項10】請求項1に記載の先端成形光部品の製造方法において、光部品の光出力端面のコアの端面を酸化膜の原料ガス雰囲気中に保ち、光部品の光入力端面のコアの端面よりレーザ光を入射して、上記光出力端面のコアの略端面内に上記レーザ光による熱酸化膜を成膜することを特徴とする先端成形光部品の製造方法。

【請求項11】請求項10に記載の先端成形光部品の製造方法において、酸化膜の原料として、金属アルコオキシド、屈折率制御用添加物を含んだ金属アルコオキシド、もしくはアルカリ金属シリケートの水溶液の蒸気を用いるか、または SiH_4 、 PH_3 、 B_2H_6 などの水素化合物、 SiCl_4 、 GeCl_4 などのハロゲン化合物のガスを用いて酸化膜を成膜することを特徴とする先端成形光部品の製造方法。

【請求項12】請求項10または11に記載の先端成形光部品の製造方法において、レーザ光の強度、酸化膜の原料の供給量、酸化膜原料液体の温度のうち、いずれか一つまたは二つ以上を変えることによって酸化膜の膜厚および屈折率を変えて成膜することを特徴とする先端成形光部品の製造方法。

【請求項13】請求項10ないし12のいずれかに記載の先端成形光部品の製造方法において、複数の光部品を用意し、これら光部品の各光出力端面のコア端面を酸化膜の原料ガス雰囲気中に保ち、レーザ光を光分岐回路によって複数の光信号に分配し、分配した光信号を上記複数の光部品の光入力端面からそれぞれ入射して、各コアの略端面内に上記レーザ光による熱酸化膜を成膜することを特徴とする先端成形光部品の製造方法。

【請求項14】請求項6または7に記載の先端成形光導波路型モジュールの製造方法において、パッケージ内の光導波路と光ファイバの一端との接続部に酸化膜の原料ガスを吹き付け、該光ファイバの他端よりレーザ光を入射して、該接続部に上記レーザ光による熱酸化膜を形成することを特徴とする先端成形光導波路型モジュールの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光ファイバ、光導波路およびそれらを用いた各種光部品の光入出力端面を効率良く光結合できるように、また種々の光学特性を向上できるように成型した先端成形光部品及びその製造方法、先端成形光導波路型合分波器、並びに先端成形光導波路型モジュール及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光ファイバ通信の進展と共に、光ファイ

バや光導波路、さらにはそれらを用いた光部品に高度な性能が要求されるようになってきた。例えば、図14に示すようにコア2とクラッド3とからなる光ファイバ1の先端を球面加工して先端加工部3を形成することによって、光ファイバと半導体光素子（半導体レーザ、発光ダイオード、受光素子など）との結合効率を高める先端光ファイバが開発されている。また、図15に示すように光導波路5に光ファイバ3を効率良く結合させる方法として、光導波路5の入力側のコア7の両側に光ファイバガイド用の溝13を設ける構造が提案されている。さらに、図16に示すように光導波路5と光ファイバ3の融着接続部の接続強度を高める方法として、導波部31が位置する基板の端面32に光学膜33を形成して該光学膜33と導波部端面321とを一体化し、その光学膜33に光ファイバ3の端部を融着する方法が提案されている（特開昭62-35308号公報）。また、図17に示すように光ファイバ3と光導波路5との接触部を覆うように、金属アルコキシドを主成分とする溶液35を付着させ、ゲル化後、上記接触部を加熱して上記ゲル状物質36を焼結して透明ガラス37とする方法が提案されている（特開昭63-237004号公報）。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した従来の光ファイバや光導波路には次のような問題点があった。

【0004】（1）図14の先端光ファイバは先端形状によって光ファイバと半導体光素子との結合効率が大幅に変わるため、精密な形状制御を必要とする。しかし、現状のエッチング技術やアーク放電加工、研磨加工などの技術などを用いてもその制御性は良くない。そのため歩留りは悪く、加工コストも高い。

【0005】（2）図15の光ファイバガイド溝を用いる方式は精密な位置合わせ操作を必要とせずに光ファイバと光導波路とを容易に接続できる。しかし、光ファイバおよび光導波路の端面を垂直性良く加工しておかなければならないこと、両端面からの不要な反射が生じること、などの問題点があり、これらの解決策はまだ見いだされていない。

【0006】（3）図16及び図17の方法では光導波路と光ファイバ間に介在する膜がSiO₂であり、光ファイバ（あるいは光導波路）の材質の軟化温度よりも高い。そのため、たとえば炭酸ガスレーザを用いて融着接続しようとした場合、光ファイバ及び光導波路の両端面は溶けても両端面に介在したSiO₂膜は溶けない。したがって、両端面の接続部の接続強度はかえって低下する。また、光導波路と光ファイバ間に介在する膜は両端面の接続面内以外の周辺にも幅広く付着しているため、光ファイバ内を伝搬して光導波路内に入ろうとする光信号のかなりの量がこの部分で漏洩し、放射損となってしまう、結果的に低接続損失を実現することができない。

【0007】（4）また、従来のものに共通にいえることであるが、光ファイバと光導波路との融着接続において、光導波路端面の容量は光ファイバ端面の容量に比し、1ケタ以上も大きい。このため従来、CO₂レーザ光を用いて両端面を融着接続する場合、光導波路端面側は部分的にしか溶けず、接続強度が非常に弱くなる。だからといって、この接続強度を強くするためにCO₂レーザ光の照射光量を強くすると、今度は光ファイバの端面が溶け過ぎて変形してしまい、光結合損失が増大するという相反する問題点があった。

【0008】（5）光部品同士を融着接続する場合、それらの端面を直接溶融させて融着接続しているので、光導波路等をパッケージ内に実装した状態で光導波路の入出力端面に光ファイバを効率良く接続することができない。

【0009】（6）光導波路の端面の全面、あるいはコアの周辺に干渉膜光フィルタを蒸着で形成したり、干渉膜光フィルタ片を貼り付けたりする構成は従来用いられているが、これら光フィルタを構成する低屈折率層と高屈折率層の膜厚は面内でほぼ一様である。そのため、光導波路のコア7内から出射した光はこの光フィルタ内を光導波路の開口数（NA）で決まる円錐角で放射状に伝搬し、光導波路の外に出て行く。しかし、光フィルタ内へ入射する光の入射角が異なってくると、光フィルタの波長特性が異なってくる。その結果、従来の光導波路端面に形成した干渉膜光フィルタを通る光信号の波長特性はくずれ、所望する波長の光信号以外の波長の光も漏洩するという問題点があった。

【0010】（7）従来の光導波路型合分波器は、光方向性結合器を用いて構成するため非常に大型になるという欠点があった。

【0011】本発明の目的は、前記した従来技術の欠点を解消し、各種光部品の光入出力端面を効率良く光結合できる先端成形光部品及びその製造方法を提供することにある。また、波長選択性の良好な先端成形光導波路型合分波器を提供することにある。さらに、上記光部品の光学特性（たとえば、波長特性、反射特性）を向上できるように成型した先端成形光導波路型モジュール及びその製造方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の先端成形光部品は、光ファイバ、光導波路、およびそれらを用いた各種光部品の光入出力端面の光伝搬部分であるコアの略端面内に、コアの光パワ分布に略対応した膜厚分布の酸化膜の形成された光部品である。ここにコアの端面内とは、光パワの伝搬している領域を意味し、光パワがクラッド領域の一部にしみだしている領域も含まれることを意味する。従って、コアの略端面内とは、コア端面より若干食い出してコア端面の周辺が一部含まれる場合も意味する。また、酸化膜は任意波長の光または所定波長の光を

透過する光学膜である。この酸化膜は光の伝搬方向に屈折率分布を持つようにしてもよい。またこの酸化膜は上記光部品のコアの軟化温度よりも低くするとよい。さらに、この酸化膜は屈折率の低い層と高い層とを交互に形成した波長選択性の光フィルタとしてもよい。

【0013】特に、先端成形光部品同士を接続する場合において、コアの形状および屈折率の異なる光部品同士を接続するときには、光部品間を、一方の光部品のコアの形状および屈折率から他方の光部品のコアの形状および屈折率に徐々に合致させていくように、光の伝搬方向に沿って形状および屈折率を変化させた酸化膜で接続し、この酸化膜を上述した酸化膜で構成するとよい。

【0014】また、本発明の先端成形光導波路型合分波器は、光導波路の一方の端面から光伝搬部分を構成するコア内に少なくとも2つの波長 λ_1 、 λ_2 成分を有する光信号を入射させ、少なくとも1回は他方の端面で反射してどちらかの端面のコアより光信号を出射させる光導波路型合分波器において、光信号を出射させる端面のうち入射側の反対になる他方の端面のコアの略端面内に波長 λ_1 の光信号を通過させ、波長 λ_2 の光信号を反射させる第1の光フィルタを設け、上記光信号を出射させる端面のうち上記一方の端面のコアの略端面内に波長 λ_2 の光信号を通過させ、波長 λ_1 の光信号を反射させる第2の光フィルタを設け、第1、第2の光フィルタを、上述した酸化物からなる光フィルタで構成したものである。

【0015】また、本発明の光導波路型モジュールは、パッケージ内に光導波路を内蔵し、この光導波路の両端のコアの略端面部に光ファイバが酸化膜を介して設けられているものである。このパッケージ内には少なくとも2種類の異種材料からなる光導波路が内蔵され、これらの光導波路間が酸化膜で接続されている構成とすることもできる。また、パッケージ内には少なくとも1つの半導体光モジュール（すなわち、半導体光素子、結合用レンズ、光フィルタ、駆動用電気回路などを少なくとも1つ含む。）が内蔵されていてもよい。

【0016】そして、本発明の先端成形光部品の製造方法は、光ファイバ、光導波路などの光部品の一方のコア端面よりレーザ光、例えばArガスレーザ光を入射させ、光部品の他端のコア端面を酸化膜の原料ガス雰囲気

シマレーザ、He-Cdレーザなどを用いてもよい。

【0017】また、先端成形光部品を量産する場合には、複数の光部品を用意し、これら光部品の各光出力端面のコア端面を酸化膜の原料ガス雰囲気

【0018】また、先端成形光導波路型モジュールを製造する場合には、パッケージ内の光導波路と光ファイバの一端との接続部に酸化膜の原料ガスを吹き付け、光ファイバの他端よりレーザ光を入射して、接続部にレーザ光による熱酸化膜を形成する。

【0019】

【作用】光部品の一方の端面よりコア内にレーザ光を入射させ、他方の端面を酸化膜の原料ガス雰囲気

【0020】本発明は、このように略コア端面内に形成される酸化膜を光部品間の接続に用いるので、先球光ファイバのように端面形状を変えるものと異なり、精密な形状制御を必要とせず、また端面形状が変わらないので安定した結合効率

【0021】また、本発明の酸化膜をコアの軟化温度よりも低くした場合には、光導波路と光ファイバ間に介在する膜がコアの軟化温度よりも高いものと異なり、光部品間を融着接続しようとした場合、先ず酸化膜が溶ける。しかも光ファイバ及び光導波路の両端面の溶解をま

【0022】また、本発明では光ファイバと光導波路との融着接続において、例えばCO₂レーザ光を用いて融

着接続する場合、レーザ光により酸化物を熔融させるだけで融着接続が完了するので、異なる容量の光部品を接続する場合でも、その接続強度は容量の影響を受けない。従って、光部品の端面同士を直接融着接続するために容量の影響を直接受ける従来例のように、接続強度を強くするためにCO₂レーザ光の照射光量を強くしなければならないという不具合も生じない。

【0023】さらに、本発明の酸化膜による光フィルタは、それを構成する低屈折率層と高屈折率層の膜厚は面内で様ではない。従って、低屈折率層と高屈折率層の膜厚が面内ではほぼ同様である従来の蒸着タイプのものや、貼り付けタイプのものと異なり、光フィルタ内へ入射する光の入射角が異なっても、上記酸化膜のレンズ効果により光フィルタの波長特性は変らない。その結果、光導波路端面に形成した光フィルタを通る光信号の波長特性は保たれ、所望する波長の光信号以外の波長の光が漏洩するということがなくなる。

【0024】そして、本発明の光導波路型合分波器は光導波路の両端に酸化膜からなる光フィルタを設けるだけでよいので、従来の光方向性結合器を用いた光導波路型合分波器に比して非常に小型になる。

【0025】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。

【0026】先端成形光ファイバの実施例（図1）

図1に本発明の先端成形光ファイバの実施例を示す。これはコア2とクラッド3からなる光ファイバ1の端面342のコア2の略端面部に酸化膜4を形成した構成である。この酸化膜4は、後述するように、光ファイバ1の一方の端面341よりコア2内にArガスレーザ光を入射させ、酸化膜4を形成させる他方の端面342を酸化膜4の原料ガス雰囲気によっておくことにより、端面342のコア2の端面部に、この端面342より出射するArガスレーザ光によって熱酸化反応を起こさせて酸化膜4を形成させる。その酸化膜4の形状は光ファイバ1のコア2の出射端面342内のArガスレーザ光分布にほぼ比例した厚み分布を有する。すなわち、コア2の中心部が厚く、コア2の中心からクラッド3周辺部に向うにつれてほぼガウス分布的に厚みが薄くなる形状である。光ファイバ1のクラッド3内にはArガスレーザ光はほとんど伝搬しないので、このクラッド3の端面には酸化膜4はほとんど付着しないが、レーザ光の一部がコア近傍のクラッドにしみ出してコア近傍のクラッド部に付着する場合もある。この意味で酸化膜の形成はコアの略端面内となる。たとえば、光ファイバ1にコア2の直径が10μm、クラッド3の直径が125μmで、コア2とクラッド3との比屈折率差が0.25%のシングルモード光ファイバを用い、この光ファイバ1のコア2の端面341側より発振波長が514.5nmのArガスレーザ光を入射させると、コア2の出射端面342内の

光パワ分布は、ほとんどコア2内に光が閉じ込められたガウス状の分布に近いので、酸化膜4はほとんどコア内に形成され、しかもこのコア2内のパワ分布により、コア2内に温度分布をもたらす。酸化膜4の成膜が温度に対してほぼ比例的に増大するようなArガスレーザのパワを入射させておけば、コア2の端面内に、中心に厚い膜が形成され、周辺に行くにつれて膜厚が薄くなるように形成することができる。このようにコアの端面内への酸化膜成膜は、後述する製造方法を本発明者が発見したことによって初めて可能となったものである。

【0027】ここで酸化膜4の材料としては、SiO₂にP、B、Ge、Ti、Al、Zn、Zr、K、Na、Liなどの屈折率制御用添加物を少なくとも1種含んだもの、あるいはGeO₂、Ta₂O₅、Al₂O₃などの酸化膜を少なくとも1種含んだもので、かつ光ファイバ1のコア2の軟化温度よりも低く、コア2の屈折率と略等しいかそれよりも低い材料を用いる。光ファイバ1のコア2の軟化温度よりも低い材料を用いるのは、コアを軟化させずに融着接続できるからである。またコア2の屈折率と略等しいかそれよりも低い材料を用いるのは、酸化膜がコアの端面外へ食み出した場合でも、光が酸化膜側へ漏洩しないようにするためである。またこの酸化膜4の原料ガスの気相分解温度は200～800℃の範囲から選び、より好ましくは低い温度の方が良い。なぜならば、気相分解温度が高くなると、コア2内に入射させるArガスレーザ光のパワを強くしなければならず、光パワを強くすると、光ファイバ1の構造変形や屈折率変化をとまなうので好ましくないからである。図1のように、光ファイバ1のコア2の略端面内に半球形状に近い酸化膜4を形成できると、光ファイバと光ファイバの光結合、光ファイバと光導波路の光結合、さらには光ファイバと半導体光素子（発光ダイオード、受光素子など）との光結合を容易に、かつ高効率で結合できる。

【0028】また、光ファイバ1の端面342に多少のエッジのかけやバリがあっても、さらには端面342の垂直性が悪くても、酸化膜4を形成することによって高効率で光結合させることができる。また上記酸化膜4付きの光ファイバ同士を融着接続する場合に、酸化膜は光ファイバのコアの軟化温度よりも低いので、従来の光ファイバ同士の融着接続時の温度よりも低い温度で融着接続することができる。またその場合の接続強度も高強度化を実現できる。同様に光ファイバと光導波路との融着接続も、光ファイバ端面および光導波路端面に酸化膜が形成されていると、この酸化膜同士を熔融するように熱を加えればよいので、低温でよく、しかも、酸化膜の容量もほとんど等しいので、ほぼ同時に溶けて融着する。その結果、不要な熱変形による光結合効率の劣化がほとんどなく、また酸化膜同士が均一に溶け合っているため、高強度接続性を実現することができ、従来法を大幅に改善できる。

【0029】先端成形光導波路の実施例(図2)

図2は光導波路5の端面352のコア7の端面に半球形状に近い酸化膜4を成膜した構成の先端成形光導波路の実施例を示したものである。同図において、(A)は平面図、(B)および(C)は左右側面図である。この光導波路5は基板6上のクラッド8内に略短形状のコア7を設けた、いわゆる埋め込み型光導波路である。この場合の酸化膜4の形状もコア7内のモードフィールド径が円形状の光ファイバ1のそれとほぼ同じであるので、略半球形状となる。この光導波路5のコア7の端面に酸化膜4を形成しておくこと、前述したように光導波路と光ファイバ間の光結合、光導波路と半導体光素子との光結合を効率良く実現することができる。さらに、この酸化膜4を成膜しておけば、光導波路5の端面352の不完全性(たとえば切断、研磨時の端面だれ、端面のチッピングによるかけ、端面の非垂直性)に起因する光結合効率の低下や接続強度の低下を抑制することができる。すなわち、光導波路5の製造歩留りを上げることができ、大幅な低コスト化を図ることができる。

【0030】光フィルタを付けた先端成形光導波路の実施例(図3)

図3は、光導波路5のコア7の端面に光フィルタ9を成膜してなる光導波路の実施例を示したものである。

(A)は平面図、(B)は左側面図、そして(C)は端面に形成した光フィルタ9の拡大図を示したものである。この光フィルタ9は、たとえば波長選択型バンドパスフィルタであり、 $1/4$ 波長の膜厚の低屈折率層と高屈折率層とを361、362、…、36n($n:4\sim$ 数+)のごとく交互に形成したものであり、光パワ分布に比例した膜厚形状で形成されている。

【0031】このように本実施例の光フィルタ9は光導波路5のコア7内を伝搬する光パワ分布に比例した膜厚形状で形成されているため、光フィルタ9内を伝搬する光パワもコア7内を伝搬する光パワ分布とほぼ整合がとれており所望の波長の光信号を分離度良く出射させることができる。しかも光を集光させるレンズ効果も有しており、他の光部品との光結合率向上に有効である。

【0032】図2および図3の光導波路5のコア7の材料は、ガラス以外に、 Al_2O_3 、 GeO_2 、 Si_3N_4 、 SiN_x 、 $LiNbO_3$ 、 Ti 拡散 $LiNbO_3$ 、 Mg ドーブ Ti 拡散 $LiNbO_3$ 、 $LiTaO_3$ 、などでもよい。

【0033】先端成形光導波路型合分波器の実施例(図4)

図4は本発明の光導波路型合分波器10の実施例を示したものである。これは図3の応用例であり、2つの波長 λ_1 、および λ_2 の光信号を合分波するための合分波器である。2つの光フィルタ11と12が光導波路の両端面381、382に形成されており、光フィルタ11は波長 λ_1 の光信号を透過させ、波長 λ_2 の光信号を反射さ

せる特性を有し、光フィルタ12は波長 λ_2 の信号を透過させ、波長 λ_1 の光信号を反射させる特性を有してしる。すなわち、端面381より入射した波長 λ_1 と波長 λ_2 の光信号はコア7を伝搬し、波長 λ_1 の光信号は光フィルタ11を透過して矢印132のごとく端面382より出射する。この端面382より出射した波長 λ_1 の光信号は光フィルタ11のレンズ効果により集光されつつ出射していく。

【0034】一方、波長 λ_2 の光信号は端面382の光フィルタ11で反射されて矢印142方向へ伝搬し、光フィルタ12を透過し、矢印143のごとく端面381より出射する。この出射光も光フィルタ12のレンズ効果により集光されつつ出射していく。ここで、 θ は 90° 以下に選ばれる。この構造は、従来の光方向性結合器を用いた光導波路型合分波器に比し、非常に小型に実現できるという特徴がある。また、コア7の略端面内に、そのパワ分布に比例した膜厚分布の低屈折率層と高屈折率層とを交互に層状に形成しているので、分離度の良い波長特性を実現できることと、出射光のレンズ効果を有しているといった特徴をもっている。

【0035】先端成形光導波路型モジュールの実施例(図5)

図5は本発明の光導波路型モジュールの実施例を示したものである。すなわち、パッケージ16内に光導波路5を組み込み、その光導波路5の両端面に光ファイバ151と152を配置させ、光導波路5と光ファイバ151、152とを酸化膜171、172で光結合させるように構成したものである。上記酸化膜171および172は光ファイバ151、152と光導波路5を高効率で結合させるためと、接続部からの不要な反射光が発生しないようにするためと、接続部の機械的強度を高めるため、さらには光ファイバ151、152と光導波路5間のモードフィールド径の変換を目的にして設けものである。ここで、光ファイバと光導波路間のモードフィールド径の変換機能であるが、たとえば、光ファイバ151および152のコア径が光導波路5のコア7の形状に比して小さい場合、接続部での光結合損失と光反射損失を伴う。そこで、光ファイバ151(あるいは152)側からArガスレーザ光を照射しつつ、接続部の隙間に酸化膜17の原料ガスを吹き付けると、光ファイバ151(あるいは152)のコア7の光パワ分布から光導波路5のコア7の光パワ分布に移向するように酸化膜171(あるいは172)の形状をかたちづくりながら形成することができる。その結果、光ファイバ151、152と光導波路5間のモードフィールド径の変換をほぼ連続的に効率良く行わせることができる。なお、図5においては、光導波路5は直線状のコアパターンであったが、これに限ることなく、曲線状のコアパターン、光方向性結合回路、光Y分岐回路、光リング共振回路、などの受動光回路の他、半導体レーザ、受光素子などの光素

子も実装した能動光回路、さらには電子回路やレンズなどの周辺回路を含んだものでもよい。また光導波路 5 の接続される光ファイバは 2 本に限ることなく、1 本、あるいは 3 本以上であってもよい。

【0036】異種材料の光部品を内蔵した先端成形光導波路型モジュールの実施例 (図 6)

図 6 は本発明の光導波路型モジュールの別の実施例を示したものである。これはパッケージ 16 内に、LiNbO₃ 光導波路スイッチ回路 42 と石英系ガラス導波路合成分波回路 43 と半導体レーザ回路 46 と受光素子回路 47 とを内蔵し、その入力側に 1 本の入出力光ファイバ 15 を設けた構成である。すなわち、異種材料で構成された両回路 42 と 43 を後述するモード整合用酸化膜 411 と 412 でつなぎ、また異種材料の光ファイバ 15 (石英系ガラス材料) と光導波路スイッチ回路 42 (LiNbO₃ 材料) をモード整合用酸化膜 40 でつないだ構成である。なお、電極端子 451 および 452 は半導体レーザ回路 46 および受光素子回路 47 を駆動する電源投入用端子である。この光導波路型モジュールは、半導体レーザ回路 46 からの波長 λ_1 の光信号を石英系ガラス導波路合成分波回路 43 内に入力させ、この回路 43 内を伝搬した光信号はモード整合用酸化膜 411 を通って LiNbO₃ 光導波路スイッチ回路 42 に入り、モード整合用酸化膜 40 を通って入出力光ファイバ 15 内に入り、この光ファイバ 15 内を矢印 132 のごとく伝搬する。逆に、光ファイバ 15 内を矢印 141 のごとく伝搬してきた波長 λ_2 の光信号はモード整合用酸化膜 40 を通って LiNbO₃ 光導波路スイッチ回路 42 内に入る。ここで、電極端子 441 と 442 間に電圧を印加することにより、スイッチ回路 42 の光路を切り替え、矢印 142 のごとく伝搬させ、モード整合用酸化膜 412 を通って石英系ガラス導波路合成分波回路 43 内に入り、この回路の中のリング共振回路 432 を通って受光素子回路 47 に入力される。このように、本実施例は異種材料からなる光ファイバ間、光導波路間、光ファイバと光導波路間などをつなぎ合わせてなる光モジュールを構成することができる。ここで、異種材料の光部品同士を接続する場合には、屈折率、コア形状などが異なり、接続部での接続損失や反射光の発生を伴う。そこで、この接続損失と反射光の低減方法として、前述したモード整合用酸化膜 40、411 および 412 を用いた。この詳細を図 7 に示す。

【0037】これは高屈折率コア 50 (屈折率 N_h) を有する光導波路 48 と低屈折率コア 51 (屈折率 N_l) を有する光導波路 49 をモード整合用酸化膜 52 で接続した構成である。すなわち、 $N_h > N_l$ で、かつコア幅 $W_1 < W_2$ であるので、モード整合用酸化膜 52 の構成は、521、522、523…、5210 のように成膜するにつれて、それらの屈折率 $N_{h1}, N_{h2}, \dots, N_{h10}$ を $N_h \geq N_{h1} > N_{h2} > \dots > N_{h10} \geq N_l$ のように選ぶ。

このような成膜方法は、後述するように、高屈折率コアの光導波路 48 内のコア 50 内に矢印 53 方向から Ar ガスレーザ光を入射させ、両光導波路間に酸化膜 52 の原料ガスを吹き付け、その原料ガスの屈折率を少しずつ低くするように調整することによって実現することができる。

【0038】次に、本発明の先端成形光部品の製造方法について説明する。

【0039】先端成形光ファイバ製造方法の実施例 (図 8)

図 8 に本発明の先端成形光ファイバの製造方法の実施例を示す。光ファイバ 1 の入力端に Ar ガスレーザ光源 18 を接続し、光ファイバ 1 のコア内に Ar ガスレーザ光を伝搬させる。この Ar ガスレーザ光は光ファイバ 1 の出射端にコア端面内を高温に保持するために用いる。したがって、光ファイバ 1 のコア内を伝搬させることができる波長の光源である必要があり、たとえば、454.5 nm、457.9 nm、476.5 nm、488 nm、496.5 nm、501.7 nm、514.5 nm、528.7 nm の波長の光を少なくとも一つ含んだ Ar ガスレーザ光を用いることができる。この実施例では光出力を大きくとれる波長 514.5 nm を用いた。そして光ファイバ 1 の出射端の光出力が 100 mW から 500 mW の範囲で酸化膜 4 の成膜速度を測定した。光ファイバ 1 の出射端は反応室 20 内に挿入し、この反応室 20 内にはガス導入管 242 を通して酸化膜 4 の原料ガスを導入した。また安全のために、反応室 20 内は排気装置 19 で排気しながら成膜した。酸化膜 4 の原料には、Si (OC₂H₅)₄ と PO (OC₂H₅)₃ の混合液体 21 を恒温槽 22 で温度制御されたバブラ 54 内に入れた。そしてガス導入管 241 より O₂ ガス 23 を導入し、バブラ 54 内の混合液体 21 を気泡化させ、その蒸気をガス導入管 242 を通して反応室 20 内に導いた。なお、O₂ ガス 23 の代りに、N₂、Ar などのガスを用いてもよい。恒温槽 22 の温度を 15℃ に保ち、Ar ガスレーザ光の出射電力と酸化膜の成膜速度の関係を測定した結果、図 9 の特性を得ることができた。この図より、成膜速度は直線的にも、また非直線的にも変えることができることがわかった、すなわち、Ar ガスレーザ出射電力を変えることにより光ファイバ 1 の出射端側の略コア端面内に種々の曲線関数を有した膜厚の酸化膜 4 を形成することができる。たとえば、ガウス分布、球形分布などである。また、恒温槽 22 の温度を変えて成膜することによっても、さらに O₂ ガス 23 の流量を変えることによっても成膜速度を制御することができる。

【0040】屈折率の異なる成膜をもたせる先端成形光ファイバ製造方法の実施例 (図 10)

また図 10 のように、Si (OC₂H₅)₄ の液体 21 1 のバブラ 541 と PO (OC₂H₅)₃ の液体 212

のパブラ542を別々にして、それぞれを恒温槽221と222の中に入れ、かつ、O₂ガス231と232も別々に流し、ガス導入管242内にそれぞれの液体の蒸気を合流して反応室20内へ導くようにすれば、図4に示したような光フィルタや、図7に示したようなモード整合用酸化膜を成膜することができる。つまり、厚み方向に屈折率を異ならせて成膜することもでき、さらには、それぞれの膜厚も異ならせて成膜することもできる。

【0041】先端成形光ファイバを複数本同時に製造する方法の実施例（図11）

図11は、複数本の光ファイバ281～284のコアの略端面内に一度に酸化膜を成膜する方法の実施例を示したものである。これはArガスレーザ光源18の光を光分岐回路26で4分配し、それぞれの光コネクタ271～274を介して光ファイバ281～284内に入射させながら成膜する方法である。このような構成にすれば、一度に多数本の光ファイバを同時に処理することができ、大幅な低コスト化を達成することができる。

【0042】先端成形光導波路製造方法の実施例（図12）

図12は光導波路5のコア7の略端面内に酸化膜4を成膜する方法の実施例を示したものである。この場合、酸化膜4の原料用液体にはSi(OC₂H₅)₄とPO(OC₂H₅)₃とB(OC₂H₅)₃との混合液体25を用いている。ここで、酸化膜4の原料としては、Si(OCH₃)₄、B(OCH₃)₃、Al(OC₂H₅)₃、Ge(OC₂H₅)₄などの金属アルコキシドの液体、アルカリ金属シリケート水溶液Me₂O・nSiO₂・xH₂O（Me：アルカリ金属）などを用いることができる。また上記液体以外に、SiH₄、PH₃、B₂H₆、などの水素化合物の気体、SiCl₄、GeCl₄、POCl₃などのハロゲン化合物の気体、さらには上記液体と気体を併用したものなどを用いることができる。

【0043】光導波路型モジュールの製造方法の実施例（図13）

図13はパッケージ16内に内蔵された光導波路5のコア7の両端面に光ファイバ151および152を酸化膜171および172を介して接続する方法の実施例を示したものである。すなわち、先ず入力光ファイバ151の入力側よりArガスレーザ光を入射させ、このArガスレーザ光を出力光ファイバ152の出力端でモニタし、このモニタ光が最大となるように、入力光ファイバ151と光導波路5、および光導波路5と出力光ファイバ152の光軸を調整する。なお、この光軸調整はArガスレーザ光の代わりに、光導波路5内を伝搬させる信号光の波長の光源を入力光ファイバ151の入力端より入射させて行ってもよい。さらにはArガスレーザ光と信号光の波長の光を重畳させて光軸調整を行ってもよ

い。光軸調整が終わった後、ガス導入ノズル311および312を光導波路5と光ファイバ151、152の接続部に配置させ、上記ノズル311、312内にガス導入管24より酸化膜原料ガス30を流し、熱酸化反応により、酸化膜171および172を成膜する。なお、これら酸化膜171および172を成膜後、これら酸化膜171および172にArガスレーザ光、あるいはCO₂レーザ光さらには酸水素バーナの火炎などを照射して酸化膜171、172を溶融させて光ファイバ151、152と光導波路5の間をより強力に接着させるようにしてもよい。

【0044】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば次のような効果を発揮する。

【0045】（1）請求項1ないし9に記載の発明によれば、光部品のコアの略端面内に、コア内の光パワ分布に略対応した膜厚分布をもつ酸化膜を設けるようにしたので、各種の光部品を低損失で接続でき、接続部からの反射光も大幅に抑制できる。

【0046】（2）請求項2に記載の発明によれば、酸化膜が光部品のコアの軟化温度よりも低いので、融着接続により光部品の両端面が溶解して接続強度が低下したり、光特性が悪化したりするようなことはない。

【0047】（3）請求項3に記載の発明によれば、酸化膜が光の伝搬方向に屈折率分布をもっているため、酸化膜を光フィルタとすることや、異種材料の光部品間の接続が容易となる。

【0048】（4）請求項4に記載の発明によれば、光フィルタを構成する低屈折率層と高屈折率層の膜厚を面内で様でなく、コア内の光パワ分布に略対応した膜厚分布をもたせるようにしたので、光導波路端面に形成した光フィルタを通る光信号の波長特性は保たれ、所望するフィルタ特性を得ることができる。

【0049】（5）請求項5に記載の発明によれば、一方の光部品のコアの形状および屈折率から他方の光部品のコアの形状および屈折率に徐々に合致させていくように、光の伝搬方向に沿って形状および屈折率を変化させることもできるので、異種材料の光ファイバ間、光導波路間、光ファイバと光導波路間を低損失、低反射で接続することができる。

【0050】（6）請求項6に記載の発明によれば、光導波路の両端に酸化膜からなる光フィルタを設けるだけで良好な光導波路型合分波器が形成できるので、従来の光方向性結合器を用いた光導波路型合分波器に比して非常に小型になる。

【0051】（7）請求項7～9に記載の発明によれば、光導波路と光ファイバとを酸化膜を介して接続するようにしたので、結合効率の高い光導波路型モジュールを形成できる。

【0052】（8）請求項10ないし14に記載の発明

によれば、光部品の一端面を酸化膜の原料ガス雰囲気
に保ち、他端面のコアからレーザ光を入射するという簡単
な方法で、コアの略端面内に容易に酸化膜を形成でき
る。

【0053】(9)請求項12に記載の発明によれば、
レーザ光の強度、酸化膜の原料の供給量、酸化膜原料液
体の温度を変えるだけで酸化膜の膜厚および屈折率を容
易に変えることができるので、酸化膜による光フィルタ
の形成や異種材料の光部品間の接続が容易に行える。

【0054】(10)請求項13に記載の発明によれば、
複数の光部品のコア端面に一度に酸化膜を成膜する
ことができるので、歩留りおよび生産性を上げることが
できる。

【0055】(11)請求項14に記載の発明によれば、
光導波路と光ファイバとの接続部を酸化膜の原料ガス
雰囲気中に保ち、接続部と反対側のコアからレーザ光を
入射して、接続部のコア端面内に熱酸化膜を成膜するの
で、光導波路および光ファイバをパッケージ内に実装し
た状態でこれらを効率良く接続することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例による先端成形光ファイバの概
略図。

【図2】本発明の実施例による先端成形光導波路の概
略図。

【図3】本発明の実施例による他の先端成形光導波路の
概略図。

【図4】本発明の実施例による光導波路型合分波器の概
略図。

【図5】本発明の実施例による光導波路型モジュールの
概略図。

【図6】本発明の実施例による他の光導波路型モジュ
ールの概略図。

【図7】本発明の実施例による異種材料光部品間の接続
部の概略図。

【図8】本発明の実施例による先端成形光ファイバ製造
方法の概略図。

【図9】本発明の実施例による酸化膜成膜特性の一例を
示す概略図。

【図10】本発明の実施例による他の先端成形光ファイ
バ製造方法の概略図。

【図11】本発明の実施例による先端成形光ファイバ量
産方法の概略図。

【図12】本発明の実施例による先端成形光導波路製造
方法の概略図。

【図13】本発明の実施例による光導波路型モジュール
製造方法の概略図。

【図14】従来の先球光ファイバの概略図。

【図15】従来の光導波路と光ファイバをガイドにより
接続する方法の概略図。

【図16】従来の光導波路と光ファイバを光学膜により

接続する方法の概略図。

【図17】従来の光導波路と光ファイバを溶液固化によ
り接続する方法の概略図。

【符号の説明】

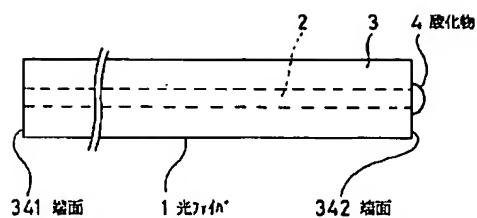
- 1 光ファイバ
- 2 コア
- 3 クラッド
- 4 酸化膜
- 5 光導波路
- 6 基板
- 7 コア
- 8 クラッド
- 9 光フィルタ
- 10 光導波路型合分波器
- 11 光フィルタ
- 12 光フィルタ
- 15 入出力光ファイバ
- 16 パッケージ
- 18 Ar ガスレーザ光源
- 19 排気装置
- 20 反応室
- 22 恒温槽
- 24 ガス導入管
- 26 光分岐回路
- 40 モード整合用酸化膜
- 42 LiNbO₃ 光導波路スイッチ回路
- 43 石英系ガラス導波路合分波回路
- 46 半導体レーザ回路
- 47 受光素子回路
- 48 高屈折率コアの光導波路
- 49 低屈折率コアの光導波路
- 50 高屈折率コア
- 51 低屈折率コア
- 52 モード整合用酸化膜
- 53 Ar ガスレーザ光入射方向
- 54 バブラ
- 151 入力光ファイバ
- 152 出力光ファイバ
- 171 酸化膜
- 172 酸化膜
- 241 ガス導入管
- 242 ガス導入管
- 281 光ファイバ
- 282 光ファイバ
- 283 光ファイバ
- 284 光ファイバ
- 311 ガス導入ノズル
- 312 ガス導入ノズル
- 341 端面
- 342 端面

17

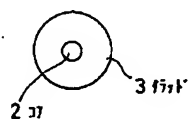
3 5 1	端面
3 5 2	端面
3 6 1	低屈折率層
3 6 2	高屈折率層

【图 1】

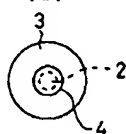
(A)



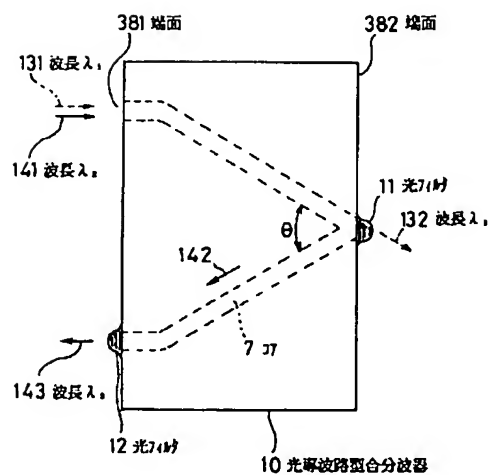
(B)



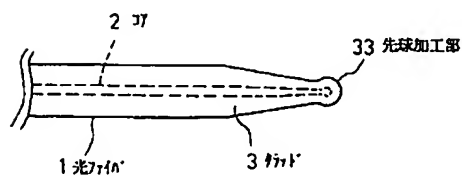
(C)



【図 4】



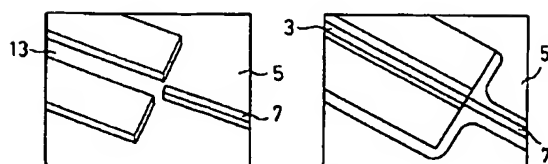
【图 14】



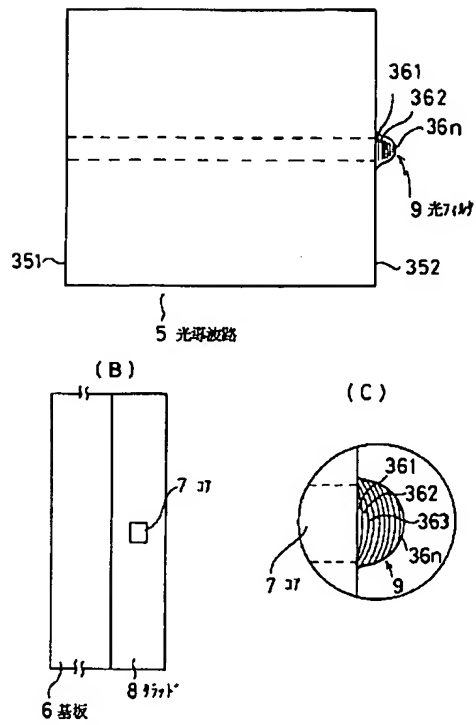
【図 15】

(A) 光の挿入前

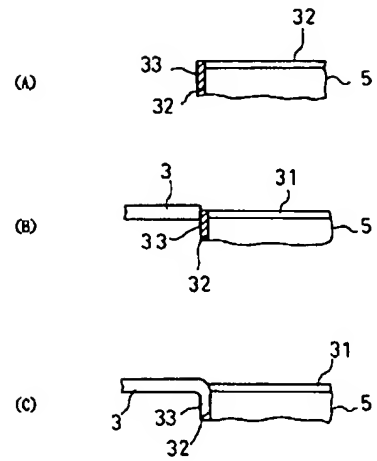
(B) 光ヲ入射スル後



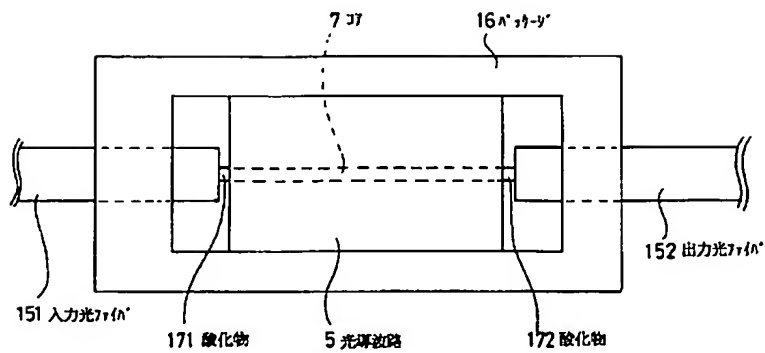
【図3】



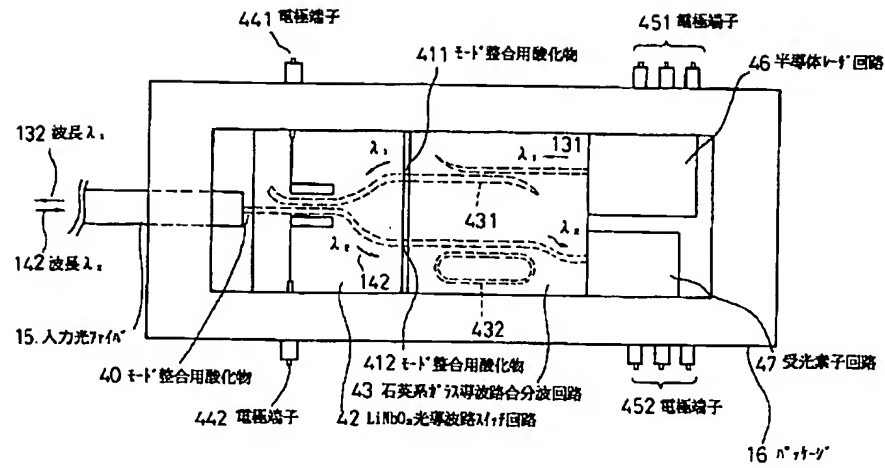
【図16】



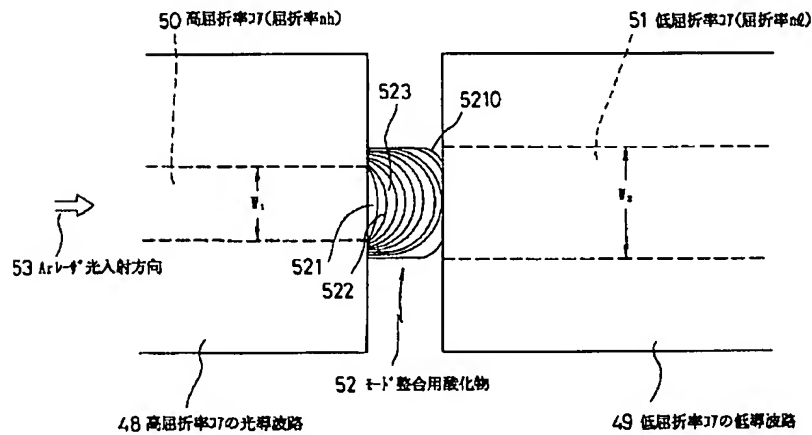
【図5】



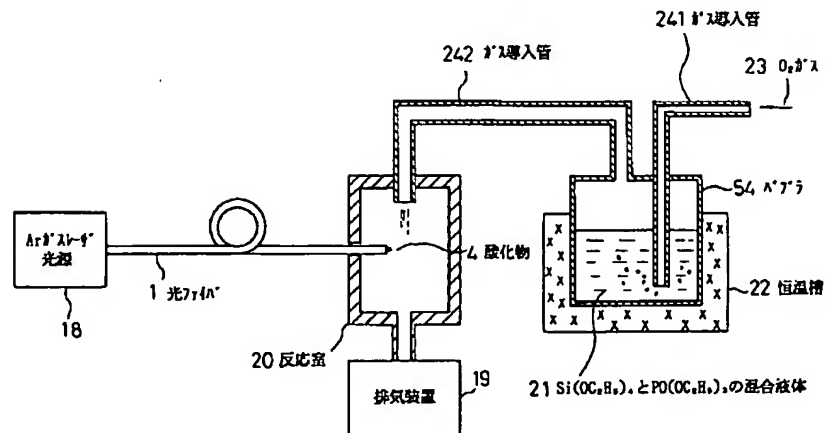
【図6】



【図7】



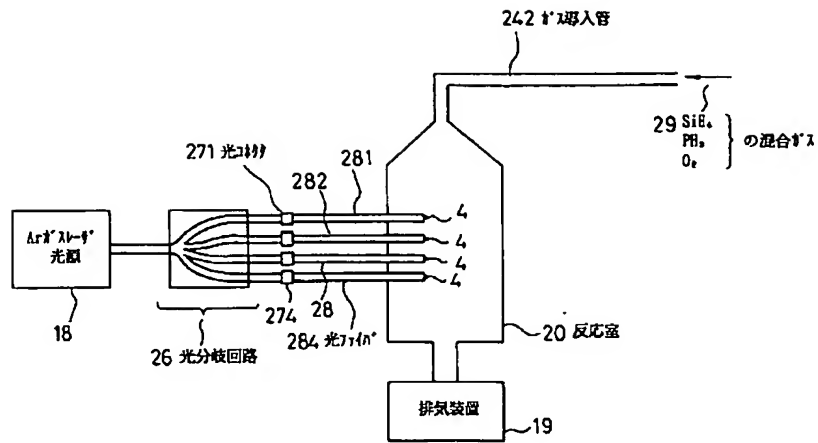
【図8】



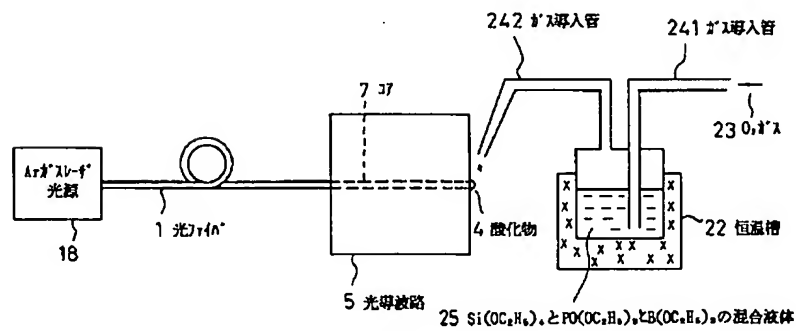
ArF-レーザー出射電力 (mW)	成膜速度 (nm/min)
100	50
250	120
350	320
400	420

[illegible]

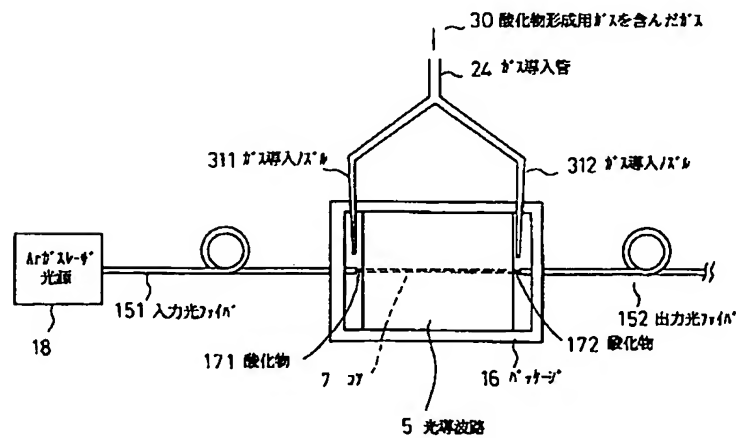
【図11】



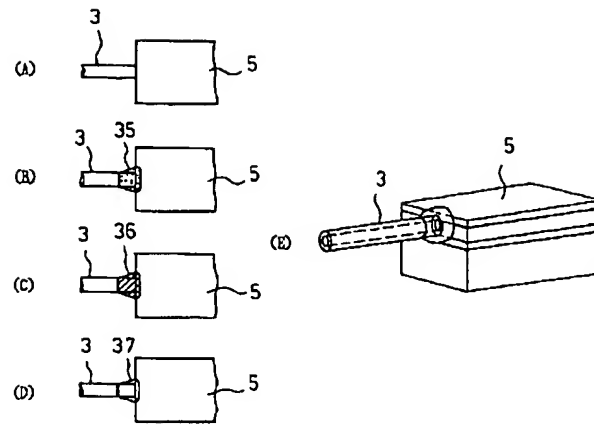
【図12】



【図13】



【図 17】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁵

G 0 2 B 6/12
6/28

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

F 7036-2K

C 7820-2K